



# Auslegeschrift 1 573 618

Aktenzeichen: P 15 73 618.2-52 (K 59090)

Anmeldetag: 26. April 1966

Offenlegungstag: —

Auslegetag: 14. Mai 1970

Ausstellungspriorität: —

Unionspriorität

Datum: 14. Mai 1965

Land: Schweiz

Aktenzeichen: 6874-65

Bezeichnung: Membrane für Druckmeßwandler

Zusatz zu: —

Ausscheidung aus: —

Anmelder: Kistler Instrumente AG, Winterthur (Schweiz)

Vertreter: Kohler, Dipl.-Phys. Rudolf; Schwindling, Dipl.-Phys. Hans;  
Patentanwälte, 7000 Stuttgart

Als Erfinder benannt: Sonderegger, Dipl.-Ing. Hans Conrad, Neftenbach (Schweiz)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

Die Erfindung betrifft eine Membrane für Druckmeßwandler, die aus einem Wandlergehäuse und einem darin zentral angeordneten Kraftmeßelement bestehen.

Bei der Konstruktion von Druckmeßwandlern kommt der Gestaltung der Membrane ausschlaggebende Bedeutung zu. Bekanntlich dient die Membrane in erster Linie zur Trennung des Meßmediums vom Apparateteil des Meßwandlers. Unabhängig davon, ob der Meßwandler entweder nach dem Ohmschen, kapazitiven, induktiven oder piezoelektrischen Prinzip gebaut ist, ist es in allen Fällen aus physikalischen Gegebenheiten notwendig, die Meßteile einwandfrei vom Meßmedium, seien es Gase, Flüssigkeiten oder feste Körper, zu trennen.

In vielen Bauarten von Druckmeßwandlern kommt der Membrane nicht nur die erste Aufgabe der Trennung, sondern auch eine zweite der Kraftumsetzung zu. Dabei wird eine flächenförmig verteilte Kraft, z. B. eines Flüssigkeitsdruckes, in eine punktförmig wirkende Einzelkraft umgesetzt. Bei dieser Umsetzung ist es dann wichtig, daß ein bestimmter Zusammenhang zwischen Flächenkraft und Einzelkraft über einen möglichst großen Druck- und Kraftbereich konstant und reproduzierbar bleibt.

Zu dieser zweiten Aufgabe kommt bei vielen Meßwandlerbauarten noch eine dritte hinzu, nämlich die der mechanischen Über- oder Übersetzung der Kraftverhältnisse.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Membranform der letzten Art, die alle drei Aufgaben zu erfüllen hat, nämlich diejenige der Trennung des Meßmediums vom Meßteil, der Umsetzung von Flächenkräften in Einzelkräfte und der mechanischen Übersetzung oder Verstärkung. Dabei wird auf die Konstanz der Kraftmessung sowie auf die Konstanz der mechanischen Verstärkung ein außergewöhnlich hoher Wert gelegt, da es sich bei dem Druckmeßwandler um ein Meßinstrument von hoher Präzision handelt, das hauptsächlich für die Messung niederer Druckwerte Anwendung findet.

Dazu wird bei der eingangs genannten Vorrichtung vorgeschlagen, daß erfindungsgemäß die Membrane aus einer konischen Stützmembrane und einer entsprechend vorgepreßten Spannmembrane besteht, an der die Stützmembrane mit einem Flansch befestigt ist, und daß die Spannmembrane zugleich als Dichtmembrane ausgebildet und ihr Rand auf bekannte Weise mit dem Gehäuse dicht verbunden ist, während die Stützmembrane in ihrer Mitte mit der Druckplatte der Kraftmeßzelle verbunden ist.

Der Stand der Technik sowie der Gedanke der Erfindung ist an Hand nachstehender Figuren erläutert. Es zeigt

Fig. 1 schematisch einen Druckmeßwandler mit bekannter gewellter Membrane im Querschnitt,

Fig. 1a das Belastungsdiagramm der Membrane von Fig. 1,

Fig. 2 schematisch einen Druckmeßwandler mit bekannter Konusmembrane,

Fig. 2a das Belastungsdiagramm der Membrane nach Fig. 2,

Fig. 3 schematisch einen Druckmeßwandler mit erfindungsgemäßer Membrane,

Fig. 4 die beiden Einzelteile der erfindungsgemäßen Membrane vor ihrer Verbindung,

Fig. 5 die eingebaute Membrane,

Fig. 6 das Belastungsdiagramm der Membrane nach den Fig. 3, 4 und 5,

Fig. 7 den Verlauf des Verstärkungswirkungsgrades über einen größeren Druckbereich und

Fig. 8 eine Deckplatte zu einer erfindungsgemäßen Membrane mit eingepreßten Vertiefungen.

Entsprechend Fig. 1 besteht ein handelsüblicher Druckmeßwandler prinzipiell aus einem Gehäuse 1, einer gewellten Membrane 2, einem Kraftmeßsystem 3 und einem elektrischen Anschluß 4. Die Membrane 2, die üblicherweise aus Blech ausgestanzt und mit ringförmigen Wellungen versehen ist, ist mit dem Gehäuse 1 dicht verbunden und liegt in der Mitte ebenfalls fest verbunden auf dem elektrischen Kraftmeßsystem auf. Fig. 1a zeigt das Belastungsdiagramm der Membrane, welche unter der Flächenkraft  $p$  die Deformationslinie 5 ergibt. Die resultierende Einzelmeßkraft  $P_{\text{eff}}$  entspricht der einfachen Beziehung

$$P_{\text{eff}} = p \cdot d_{\text{wi}}^2 \pi / 4,$$

in der  $d_{\text{wi}}$  der wirksame Membrandurchmesser ist.

Die theoretische Flächenkraft  $P_{\text{theor}}$  wäre dagegen

$$P_{\text{theor}} = p \cdot D_{\text{wa}}^2 \pi / 4$$

mit  $D_{\text{wa}}$  gleich dem Innendurchmesser des Wandlergehäuses. Diese Kraft würde erreicht, wenn an Stelle der Wellenmembrane ein genau eingepaßter Kolben mit dem Durchmesser  $D_{\text{wa}}$  ins Wandlergehäuse eingebaut wäre. Ein Kolben hätte jedoch eine viel zu große Masse und eine hohe Reibung, was sich auf die Eigenfrequenz und die Hysteresis des Meßwandlers nachteilig auswirken würde.

Der Verstärkungswirkungsgrad  $\eta_v$  ergibt sich aus dem Verhältnis

$$\eta_v = P_{\text{eff}} / P_{\text{theor}} = (d_{\text{wi}} / D_{\text{wa}})^2.$$

Für den erwähnten eingepaßten Kolben wäre  $\eta_v = 1,0$ .

Der Verstärkungswirkungsgrad

$$\eta_v = (d_{\text{wi}} / D_{\text{wa}})^2$$

einer solchen Membrane kann etwa 0,5 betragen und hängt von den Einspann- und Abstützverhältnissen ab.

Der Hauptnachteil dieser Konstruktion liegt jedoch in der Tatsache, daß der Verstärkungswirkungsgrad  $\eta$  infolge der Deformation der Membrane nur in einem kleinen Teil des möglichen Druckbereiches wenigstens annähernd konstant ist, wie es Linie 77 der Fig. 7 zeigt. Diese mangelnde Konstanz hat eine Unlinearität des Meßwandlers zur Folge. Die Linie 79 zeigt den Idealverlauf, wie er einem eingepaßten Kolben entspricht.

Ähnliche Schwierigkeiten treten bei einer Membranform nach Fig. 2 auf. Diese konische Form wird im Bau von Lautsprechern weitgehend verwendet. Der Meßwertgeber besteht wiederum aus einer Körper 21 und einem Kraftmeßelement 23 mit einer elektrischen Anschluß 24. Die konisch gepreßte Membrane 25 ist durch eine Schweißung 26 mit der Gebergehäuse und weiterhin im Zentrum 27 mit der Deckplatte des Kraftmeßelementes 23 verbunden. Der Verstärkungswirkungsgrad einer solchen Membrane ist wesentlich besser als derjenige einer Membrane nach Fig. 1, da der wirksame Durchmesser  $d_{\text{wi}}$  wegen der konischen Form wesentlich größer ist. Auch hier hat jedoch die Deformation der Membrane, die zu einer Vergrößerung des Öffnungs-

winkels  $x$  zu  $x'$  führt, in einem größeren Druckbereich eine Veränderung des Verstärkungswirkungsgrades  $\eta_v$  zur Folge, wie es die Linie 78 in Fig. 7 veranschaulicht.

Demgegenüber bringt eine der Erfindung entsprechende Membrankonstruktion, wie sie in Fig. 3 beispielsweise dargestellt ist, eine bedeutende Verbesserung. Gemäß Fig. 3 besteht der Meßwandler aus einem Körper 31, einem Kraftmeßelement 33 und einer Membrane 32, die ihrerseits aus einer Stützmembrane 34 und einer Spannmembrane 35 zusammengesetzt ist. Die Spannmembrane ist mit ihrem kreisringförmigen Rand 36 fest mit dem Körper 31 verbunden. An der Stelle 37 ist die Membrane mit der Druckplatte der Kraftmeßzelle 33 verbunden. Fig. 4 zeigt mehr im einzelnen den Aufbau der erfindungsgemäßen Kompensationsmembrane aus einer gepreßten Spannmembrane 41 und einer konisch geformten Stützmembrane 42, die längs ihres Flansches 43 mit der Spannmembrane 41 fest verbunden wird. Durch die Vereinigung der Stützmembrane mit der Spannmembrane entsteht ein kreisringförmiger Tragkörper entsprechend Fig. 5, der sich durch eine außergewöhnliche Steifigkeit auszeichnet. In Fig. 6 sind die Kraftverhältnisse an einer solchen Membrane gezeigt. Durch Variation des Abstandes 64 der Mitte der Spannmembrane von einer durch ihren Rand gehenden Ebene, also der Durchbiegung der Spannmembrane, können die radialen Spannkkräfte 65 beeinflusst werden, die sich mit den Stützkraften 66 im Gleichgewicht befinden. Durch zusätzliche Veränderung des Winkels  $\beta$  zwischen der Spann- und der Stützmembrane kann erreicht werden, daß der Anlenkpunkt 67 sich entweder in Richtung  $\oplus$  oder  $\ominus$  bewegt, womit eine Verkleinerung oder Vergrößerung des Durchmessers  $d_{wi}$  verbunden ist. Mit diesen konstruktiven Maßnahmen kann erreicht werden, daß der Verstärkungsgrad der Membrane über einen sehr weiten Druckbereich entsprechend der Linie 76 in Fig. 7 konstant bleibt.

Es ist aber auch möglich, durch Veränderung dieser Varianten einen leicht ansteigenden oder absinkenden Verlauf des Verstärkungswirkungsgrades entsprechend den Linien 72 und 73 der Fig. 7 zu erreichen.

Durch die Erfindung wird somit eine Membrane geschaffen, die sich durch eine hohe Steifigkeit und ein geringes Gewicht auszeichnet und die durch ihre geometrische Gestaltung den Einfluß der mit zunehmendem Druck unvermeidlichen Deformation selbst korrigiert und kompensiert und damit über weite Druckbereiche völlig lineare Verhältnisse zwischen Druck und Kraft gewährleistet. Bei Verwendung von Preßstücken wird die Membrane zudem außerordentlich leicht, was für die Beschleunigungsempfind-

lichkeit des Wandlers von großer Bedeutung ist. Damit die Spannmembrane 35 nicht in niederfrequente Schwingungszustände kommen kann, ist es vorteilhaft, den Raum zwischen derselben und der Stützmembrane 42 mit einem Schaumstoff 38 auszufüllen. Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Eigenfrequenz der Spannmembrane besteht entsprechend Fig. 8 darin, daß in die Spannmembrane 85 radiale Versteifungsrippen 86 eingepreßt werden.

Die Erfindung ermöglicht somit den Bau von Druckmeßwandlern, die sich insbesondere für die Messung sehr niedriger Druckwerte eignen, da die Kompensationsmembrane einen sehr großen Verstärkungsfaktor ergibt. Diese Meßwandler können andererseits aber auch über sehr weite Druckbereiche Verwendung finden, wobei sie eine hervorragende Linearität zwischen dem zu messenden Druck und der Meßkraft auf die Meßzelle ausgeübten Kraft ergeben.

#### Patentansprüche:

1. Membrane für Druckmeßwandler, die aus einem Wandlergehäuse und einem darin zentral angeordneten Kraftmeßelement bestehen, dadurch gekennzeichnet, daß die Membrane aus einer konischen Stützmembrane (34) und einer entsprechend vorgepreßten Spannmembrane (35) besteht, an der die Stützmembrane (34) mit einem Flansch befestigt ist, und daß die Spannmembrane zugleich als Dichtmembrane ausgebildet und ihr Rand auf bekannte Weise mit dem Gehäuse (31) dicht verbunden ist, während die Stützmembrane (34) in ihrer Mitte mit der Druckplatte (37) der Kraftmeßzelle (33) verbunden ist.

2. Membrane nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannmembrane (41) aus dünnem gepreßtem Blech besteht und in der Mitte eine paraboloidförmige Einsenkung mit bestimmter Scheitelhöhe (44) aufweist, welche in einen Ringwulst (45) und einen kreisringförmigen Rand (46) übergeht, und daß die Spannmembrane mit der konischen Stützmembrane (42) längs des Flansches (43) der Stützmembrane durch Schweißung oder Hartlötung verbunden ist.

3. Membrane nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannmembrane (85) im eingesenkten Mittelteil radial verlaufend eingepreßte Rippen (86) aufweist.

4. Membrane nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraum zwischen der Stützmembrane (34) und der Spannmembrane (35) mit einem Kunststoffschäum (38) ganz oder teilweise ausgefüllt ist.

Fig. 1a

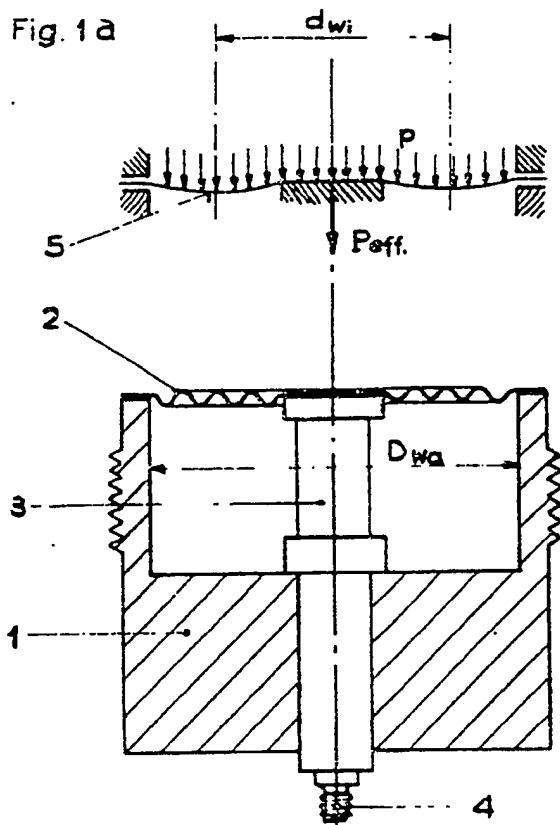


Fig. 1

Fig. 2a

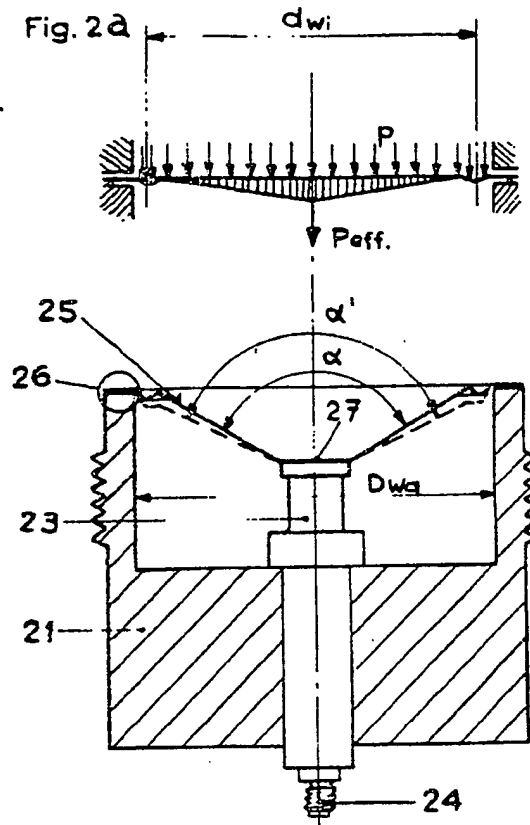


Fig. 2

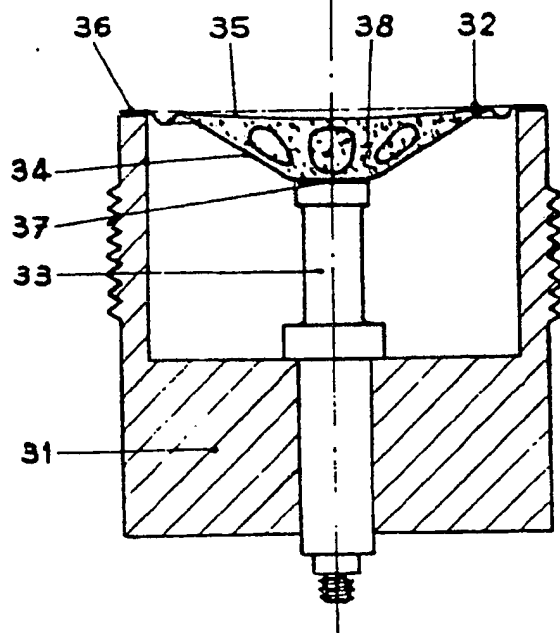


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

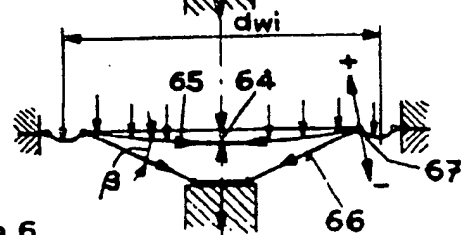


Fig. 6

COPY

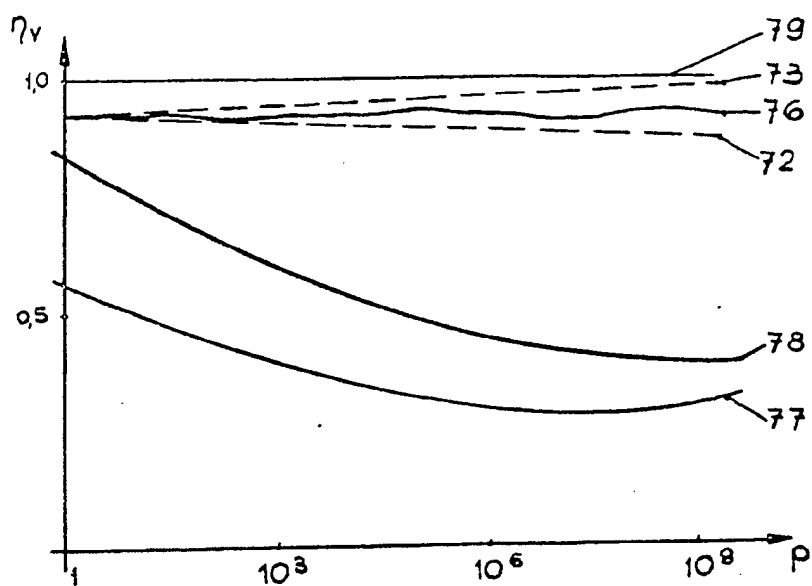


Fig. 7

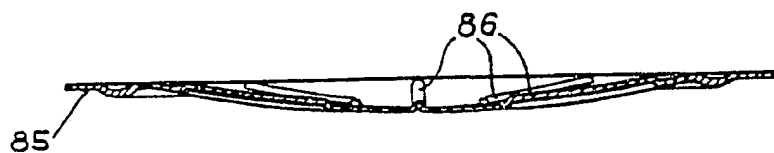


Fig. 8

